

УЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ

Общеизвестно, что при решении задач проектирования и расчета режимов электрических сетей 0,4 кВ не учитываются сопротивления коммутационных аппаратов, трансформаторов тока и соединительных элементов. Известно, что эти элементы обладают отличным от нуля активным сопротивлением, которое учитывается в расчете токов короткого замыкания [1].

Для того чтобы показать влияние дополнительных сопротивлений контактных соединений, коммутационных аппаратов и измерительных трансформаторов тока были произведены измерения данных сопротивлений и сделан расчёт потерь мощности в элементарной сети, которая показана на рис. 1.

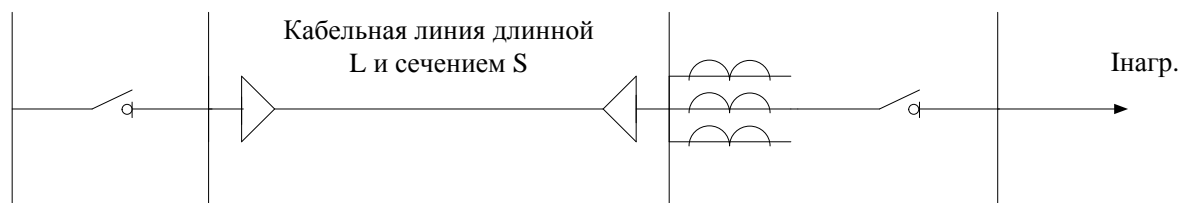


Рис. 1 – Элементарная сеть

Если не учитывать дополнительные сопротивления, то эквивалентное сопротивление данной сети равно сопротивлению кабельной линии, которое зависит от длины и сечения кабеля. Рассчитаем, насколько увеличится эквивалентное сопротивление при учете дополнительных сопротивлений. Расчётная схема замещения представлена на рисунке 2.

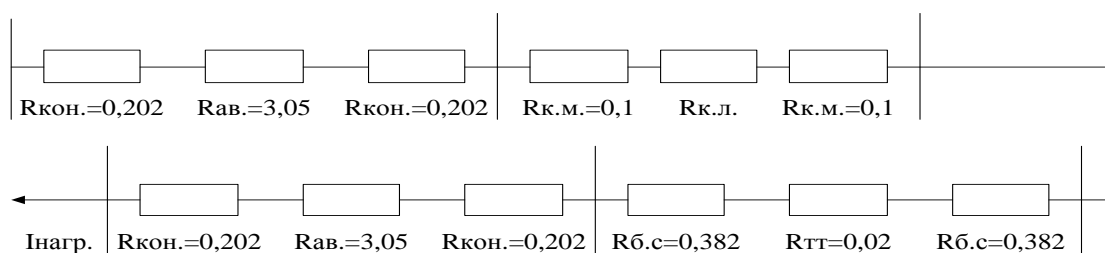


Рис. 2 – Схема замещения, все сопротивления в МОм

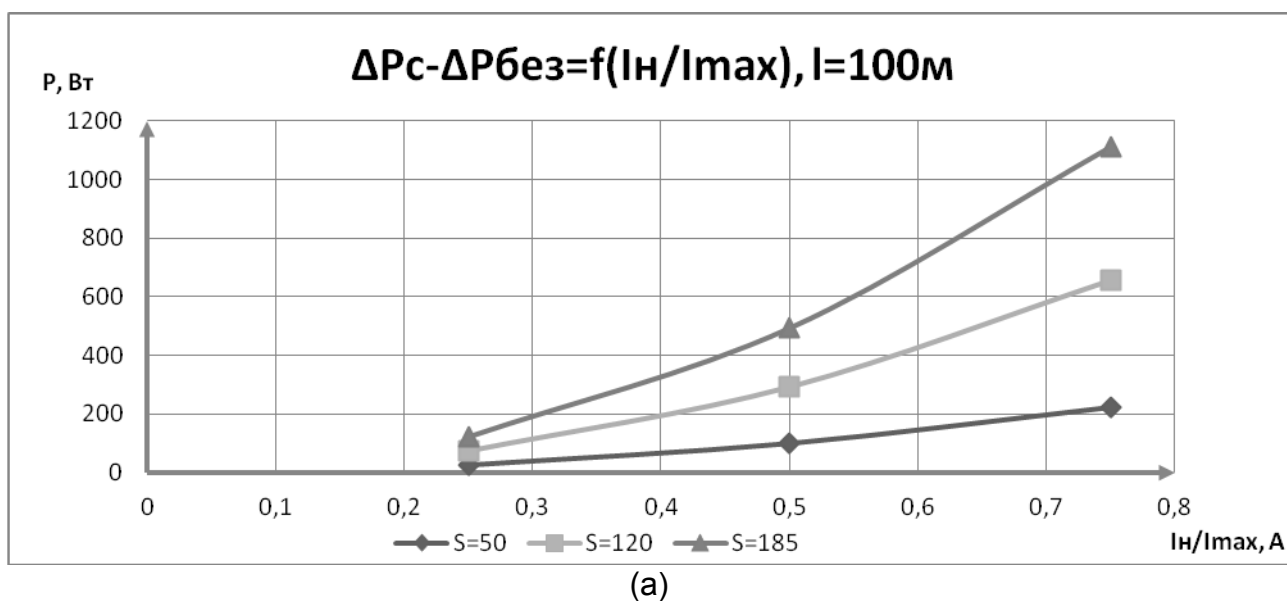
Произведя несложный расчет, мы увидим, что учет всех дополнительных сопротивлений увеличивает эквивалентное сопротивление сети на 7,89 мОм. Эффект от данного сопротивления, очевидно, будет меняться в зависимости от сечения кабельной линии S , ее длины l и загрузки линии током $I_{нагр}$ (% от длительно допустимого тока по сечению). Для выявления данных зависимостей будем изменять параметры кабельной линии, а затем проводить расчет потерь мощности ($\Delta P = I^2 \cdot R$) без учёта дополнительных сопротивлений и с учётом дополнительных сопротивлений. Результаты расчетов были сведены в таблицу, кроме того, ниже представлены графики вышеобозначенных зависимостей.

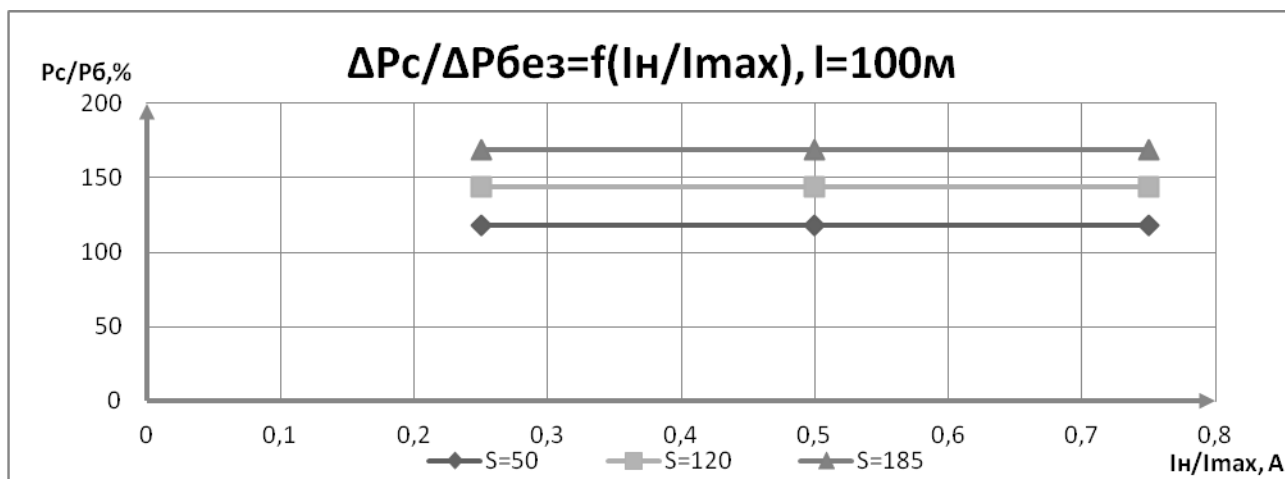
Исходя из данных таблицы и рис. 3, мы можем сделать вывод о том, что токовая загрузка кабельной линии влияет лишь на абсолютную погрешность расчета

потерь, а на относительную влияют сечение токопроводящей жилы кабеля и его длина. Это говорит о том, что на относительную погрешность влияет только соотношение дополнительных сопротивлений к сопротивлению кабельной линии. Это явно видно на рис. 6.

Результаты расчета потерь мощности при различных l , S и $I_{\text{нагр}}$.

$l, \text{м}$	$S, \text{мм}^2$	I_n/I_{max}	ΔP без доп. сопр., Вт	ΔP с доп. сопр., Вт	$\Delta P_c/\Delta P_{\text{без}}, \%$	$\Delta P_c - \Delta P_{\text{без}}, \text{Вт}$
100	50	0,25	136,055	161,019	118,349	24,964
		0,5	544,219	644,077	118,349	99,858
		0,75	1224,492	1449,172	118,349	224,680
	120	0,25	166,753	239,847	143,833	73,093
		0,5	667,013	959,386	143,833	292,374
		0,75	1500,778	2158,619	143,833	657,841
	185	0,25	179,688	302,969	168,609	123,281
		0,5	718,750	1211,875	168,609	493,125
		0,75	1617,188	2726,719	168,609	1109,531
150	50	0,25	204,082	229,046	112,233	24,964
		0,5	816,328	916,186	112,233	99,858
		0,75	1836,738	2061,418	112,233	224,680
	120	0,25	250,130	323,223	129,222	73,093
		0,5	1000,519	1292,893	129,222	292,374
		0,75	2251,167	2909,008	129,222	657,841
	185	0,25	269,531	392,813	145,739	123,281
		0,5	1078,125	1571,250	145,739	493,125
		0,75	2425,781	3535,313	145,739	1109,531
200	50	0,25	272,109	297,074	109,174	24,964
		0,5	1088,438	1188,295	109,174	99,858
		0,75	2448,984	2673,664	109,174	224,680
	120	0,25	333,506	406,600	121,917	73,093
		0,5	1334,025	1626,399	121,917	292,374
		0,75	3001,556	3659,397	121,917	657,841
	185	0,25	359,375	482,656	134,304	123,281
		0,5	1437,500	1930,625	134,304	493,125
		0,75	3234,375	4343,906	134,304	1109,531





(б)

Рис. 3. Изменение потерь мощности в зависимости от загрузки кабеля при постоянной длине: а) Вт, б) %

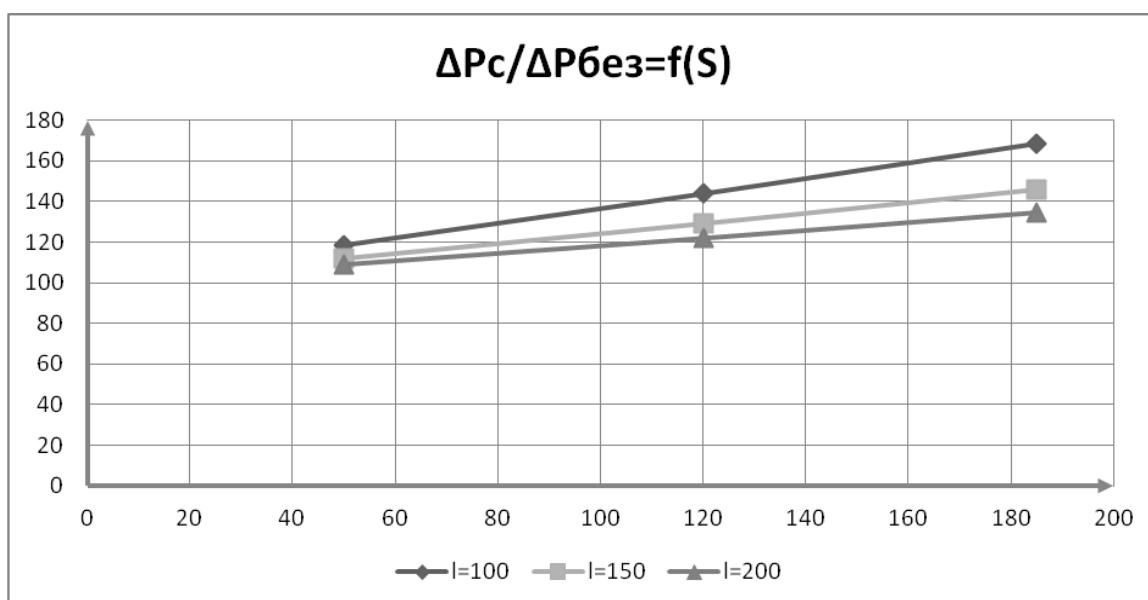


Рис. 4. Изменение потерь мощности в зависимости от сечения кабеля при различных длинах кабеля, %

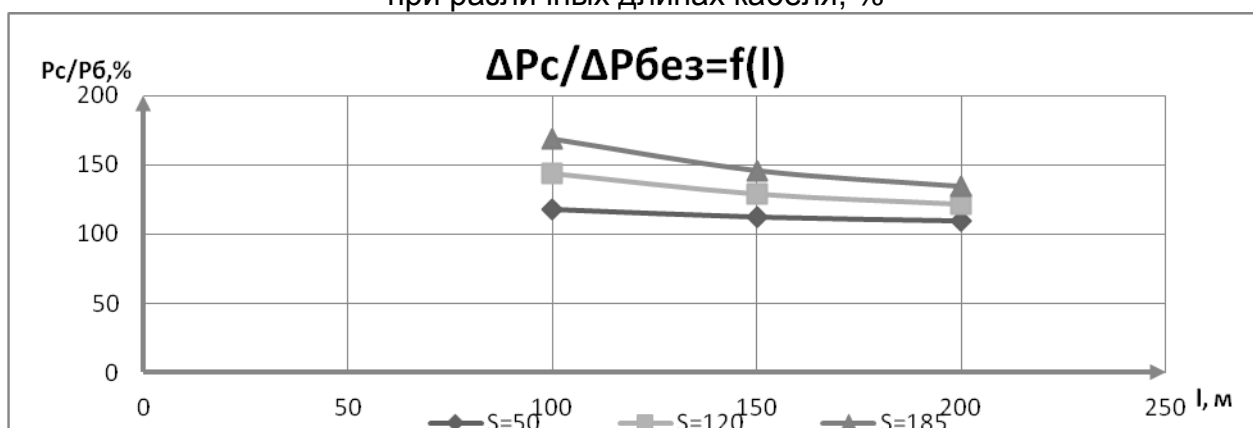


Рис. 5. Изменение потерь мощности в зависимости от длины кабеля при различных сечениях, %

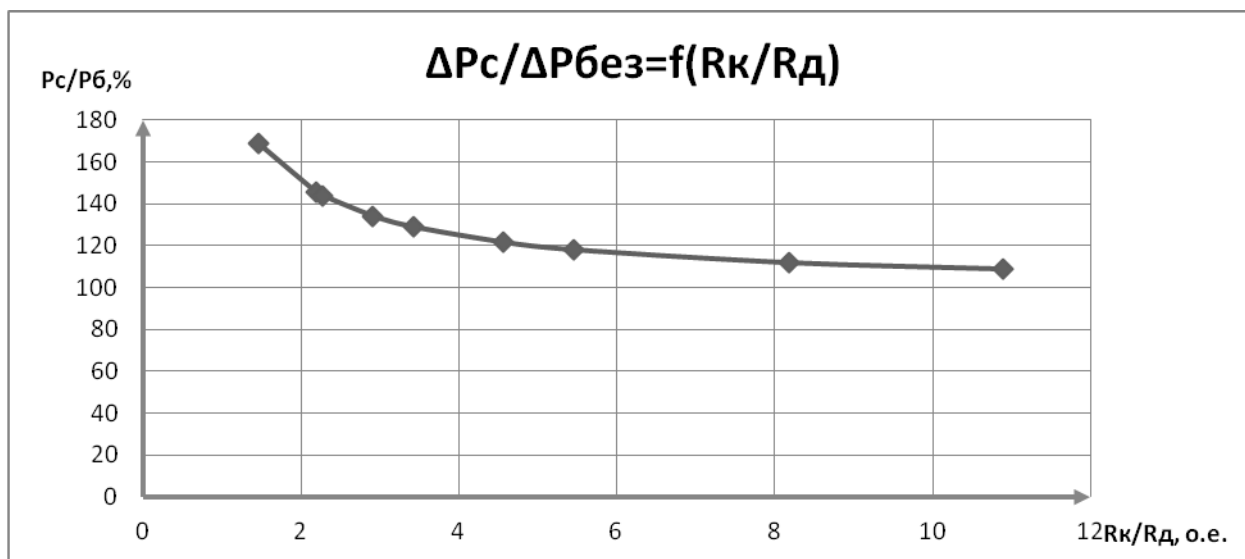


Рис. 5. Изменение потерь в зависимости от соотношения сопротивления кабеля к добавочному сопротивлению, %

Учитывая этот факт, стоит сделать обоснованное предположение о том, что дополнительные сопротивления можно учесть путем умножения сопротивления кабельной линии на некий коэффициент, который будет зависеть от самого сопротивления кабельной линии и количества коммутационных и измерительных аппаратов. Это позволит не проводить измерения дополнительных сопротивлений на кабельных линиях одного типа (с одинаковым количеством коммутационных аппаратов и соотношением $R_{каб}/R_{доб}$). Но для вычисления данного коэффициента необходимо иметь некое математическое ожидание добавочного сопротивления. Его предлагается вычислить исходя из массива данных, полученных при непосредственном измерении добавочного сопротивления на конечном числе объектов электроэнергетических сетей.

Вывод. Исходя из всего выше сказанного, делаем вывод о том, что проблема уточнения расчета потерь мощности является на сегодняшний день весьма актуальной. Данное уточнение может быть произведено вначале непосредственными измерениями добавочного сопротивления (первый этап исследования), а впоследствии (когда накопится достаточно статистического материала) – с помощью коэффициента. Единственное препятствие на сегодняшний день – отсутствие статистического материала.

Список использованных источников

1. ГОСТ 28249 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ».